

УДК 621.039.584.68

# НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ

**В.М. Бабиков**

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: [ymbinter@gmail.com](mailto:ymbinter@gmail.com)

**Ключевые слова:** задачи управления, человек в системе контроля, технологический объект, аварийные ситуации, человек-оператор, глазодвигательная активность, цепи Маркова, байесовские сети.

**Аннотация:** Исследование действий человека в контуре управления технологическим объектом рассмотрено в кратком историческом срезе.

## 1. Введение

В работе [1] отмечен вклад д-ра техн. наук, лауреата Государственной премии СССР Дмитрия Ивановича Агейкина в трех основных направлениях его деятельности в Институте: датчики, системы автоматического контроля и человек в системе контроля.

Дмитрий Иванович собрал сильный состав лаборатории лаб. 15, так только по третьему направлению:

- образным представлением информации в составе лаб. 15 занималась группа д-ра техн. наук Гришина В.Г. В ее составе были сотрудники, продолжавшие - блестящий инженер-схемотехник Стародубцев В.Ф. и ныне продолжающие плодотворно работать в Институте: канд. техн. наук Анохин А.М. и канд. техн. наук Гучук В.В.;
- вопросами оценки функционального состояния оператора занималась к.т.н. Десова А.А.;
- проблемами взаимной адаптации систем отображения информации (СОИ) управляемого объекта и человека-оператора занимались д-р психол. наук Галлактионов А.И., и канд. психол. наук Янушкин В.Н., впоследствии успешно разрабатывавшие эту тематику в Институте психологии АН СССР;
- проблемами подготовки операторов занималась группа канд. биол. наук Цветковой (Проскураковой) Н.Г., в которую входили канд. техн. наук Панасенко И.М. и канд. пед. наук Ильин Г.Л. (впоследствии продолживший работу в Государственном университете управления, и защитивший докторскую диссертацию).

Все обозначенные вопросы и проблемы взаимосвязаны, и они широко обсуждались на институтском и лабораторных семинарах, нередко в режиме мозговых штурмов. В институтском семинаре по обозначенной тематике, организованном Агейкиным, активное участие принимали: один из инициаторов создания инженерной психологии в СССР член-корр. АН СССР Ломов Б.Ф., видные психологи доктора психологических

наук: член-корр. АН СССР Зинченко В.П., Венда В.Ф., Величковский Б.М. и другие, также стоявшие у истоков создания этой науки.

Далеко не все высказанные идеи оказались жизненными, значительная их часть осталась просто умозрительными схемами или тупиковыми подходами, но некоторая часть реализации предложенных идей привела к результатам, позволяющим судить о фундаментальном характере выявленных закономерностей.

В частности такие закономерности были выявлены в ходе обработки экспериментального материала, полученного на основе регистрации движения глаз человека-оператора технологического объекта в ходе решения им реальных задач по управлению объектом на полномасштабных тренажерах типа реплика. Регистрация движения глаз операторов производилась с помощью специальной аппаратуры японской фирмы NAC и фиксировалась на киноплёнку. Было проведено несколько серий экспериментов на тренажерах однотипных объектов и контрольная серия на тренажере объекта другого типа с развитой СОИ, сходной с СОИ объектов первого типа. Экспертная обработка полученного материала выявила содержательные отклонения в работе операторов от предлагаемых им нормативных алгоритмов. Привлечение к экспериментам опытных операторов на завершающей стадии их переподготовки исключало списание таких отклонений на необученность или неопытность. Содержательный анализ полученного материала позволил заключить, что, решая задачу даже в условиях временного дефицита, опытный оператор расширяет задачу: на основании выявленных симптомов он рассматривает наихудший из возможных вариантов развития ситуации; определяет, какими ресурсами он располагает для решения расширенной задачи. Такие отклонения опытный оператор производит неосознанно и непоследовательно, перемежая с действиями в рамках нормативного алгоритма. По завершении каждого эксперимента в письменном отчете операторы указывали только работу в рамках нормативного алгоритма, а большее время, затраченное на решение задачи, первоначально списывали на волнение или даже на исследовательскую аппаратуру. Выявленные закономерности позволили внести предложения по корректировке в систему подготовки операторов, организацию СОИ и пр. [2].

## **2. Учет человеческого фактора в обеспечении надежности человеко-машинных систем**

### **2.1. Эволюция человеко-машинных систем и изменение роли оператора**

Бурное развитие аппаратных и программных средств вычислительной техники превращает преобладающее множество систем с участием человека в человеко-машинные системы (ЧМС). ЧМС интегрируются в большие распределенные системы. Человек-оператор (ЧО), включенный в контур управления современными ЧМС, работает в тесном содружестве не только с другими ЧМС, но и с интеллектуальными программами и устройствами. СОИ становятся интерактивными. Изменение характера взаимодействия ЧО с современными системами управления проявилось и в англоязычном названии мероприятий по обозначенной тематике, где вместо man-machine interaction стало употребляться human-machine one, а прежнее название используется в отдельных случаях в качестве бренда.

Появляются новые синтетические научные и инженерные направления для проектирования, создания и эксплуатационной поддержки персонала ЧМС, например направление Humaneering, разрабатываемое для оптимизации распределенных ЧМС.

Громадная цена совокупности непреднамеренных или преднамеренных (в рамках технологического терроризма) действий человека, включенного в контур управления аварийно-опасными производствами и объектами, в совокупности с рядом объективных обстоятельств, приводящих к катастрофическим последствиям (Три-Майл Айленд, Чернобыль, Бхопал, Нью-Йорк 11 сентября 2001 года, Фукусима и др.) актуализируют проблему исследования надежности и безопасности таких систем.

Комплексные исследования по ЧМС проводились в ИПУ РАН, как уже отмечалось, с середины 60-х годов прошлого столетия [3]. Обработка данных, полученных в ходе экспериментальных исследований глазодвигательной активности человека-оператора в аварийно-опасных ситуациях, проведенные сотрудниками ИПУ РАН на ряде объектов специального назначения, позволили сгруппировать отдельные элементы СОИ в зоны, которые зафиксированная повышенная концентрация глазодвигательной активности позволяет экспертам определить как значимые для принятия решения узлы [4, 5].

Были выявлены фундаментальные закономерности, характеризующие временные и логические последовательности действий ЧО [6, 7]. Так время, полученное на основе суммирования числа однократных последовательных обращений взгляда оператора к одной и той же зоне (названное по предложению Величковского Б.М. «временем работы с зоной») хорошо аппроксимируется случайной величиной, распределенной по усеченному нормальному закону, со средним значением близким, как для всех основных серий эксперимента, так и для контрольной выборки.

Опыт эксплуатации ЧМС (например, АЭС) выявил важность учета вклада человеческого фактора в надежность системы уже на уровне индивидуального действия ЧО, которое может явиться как фактором, предотвращающим или смягчающим инцидент (то есть событие со значительными негативными последствиями), так и причиной возникновения или усугубления опасной ситуации на управляемом объекте.

Вследствие специфических особенностей возникновения аварийно-опасного события из-за действий ЧО оценка надежности системы, например, в терминах риска возникновения такого события, как правило, не может быть произведена в прямом соответствии с известными методами оценки надежности технической составляющей ЧМС.

Анализ ошибок ЧО, неизбежно возникающих в процессе его деятельности, требует учета множества объективных и субъективных факторов, влияние части которых точно не определено, источники ошибок несопоставимы, и объективная численная оценка их затруднена.

В этих условиях используются экспертные оценки. Составление таблиц (тензоров) условных вероятностей в вершинах ориентированных графов без циклов, численно характеризующих причинно-следственные связи между вершинами предков и потомков при определенных условиях на зависимость между ними в байесовских сетях доверия (БСД), на базе экспертных оценок является паллиативом статистическим оценкам, получение которых в случае ЧО затруднительно.

## **2.2. Построение байесовских сетей доверия**

Аппарат БСД на сегодняшний день хорошо разработан и продолжает развиваться. Построены алгоритмы распространения доверия (правдоподобия), которые позволяют проводить как анализ наиболее правдоподобных следствий произошедшего в системе события (свидетельства), так и их причин, допускающие не только сами циклы, но и не ограничивающие их число.

Ряд алгоритмов доведен до программных кодов и реализаций, доступных как для свободного, так и для коммерческого использования. Созданы программные оболочки, облегчающие создание БСД и проведение анализа на их основе. Исследованы вопросы

обучения БСД. Исследуется чувствительность БСД. Предлагаются способы построения БСД для анализа надежности ЧМС.

Цель конструирования БСД – нахождение вероятностей состояний событий по ряду признаков, и изменения в этих данных в свете наблюдаемых событий, то есть при появлении новых данных рассчитать апостериорные вероятности  $\Pr\left(\frac{x}{e}\right)$  для каждой вершины, не имеющей свидетельств. При этом вероятности состояний событий определяются как степень доверия (belief), корректируемая при поступлении новых свидетельств. Вектор  $VEL(x)$  означает апостериорное распределение вероятностей переменной  $X$ .

Схема формирования такой сети для исследования ошибок человека-оператора приведена в [8]. При этом в выборе вершин графа могут существенную роль сыграть зоны обнаруженные при исследовании глазодвигательной активности оператора.

## Список литературы

1. Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук: 75 лет / Под общ. ред. и с предисловием С.Н. Васильева. М.: ИПУ РАН, 2014. С. 549-551.
2. Бабилов В.М., Панасенко И.М. Учет человеческого фактора при обеспечении надежности человеко-машинных систем // Человеческий фактор в управлении / Под ред. Н.А. Абрамовой, К. С. Гинзберга, Д. А. Новикова. М.: КомКнига, С. 135-150.
3. Панасенко И.М., Бабилов В.М. Фиксация и идентификация ошибок человека-оператора // Труды Международной конференции «Идентификация и проблемы управления» SICPRO '2000. Москва, 26-28 сентября, 2000 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2000. С. 761-775.
4. Panasenko I., Babikov V. Identification of human-operator errors and the task of intelligent agents // Proceedings of the 2nd Workshop on Agent-Based Simulation, April 2-4, 2001, Passau, Germany. P. 143-148.
5. Panasenko I., Babikov V. Safety of industrial production systems and identification of human errors // 10th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2001. Vienna, September 20-22, 2001. Preprints volume. Vienna University of Technology, Austria, 2001.
6. Бабилов В. М., Панасенко И.М. Оценка времени принятия решений человеком-оператором // Приборы и системы управления. 1994. № 11. С. 52.
7. Панасенко И.М., Бабилов В.М. Коррекция оценок временных затрат и надежности принятия решения оператором // Психологический журнал. 1996. Т. XVII, № 2.
8. Панасенко И.М., Бабилов В.М. Учет разнородных факторов в оценке надежности человека-оператора // Труды ИПУ РАН. Т. XXIV. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2004. С. 123- 133.